

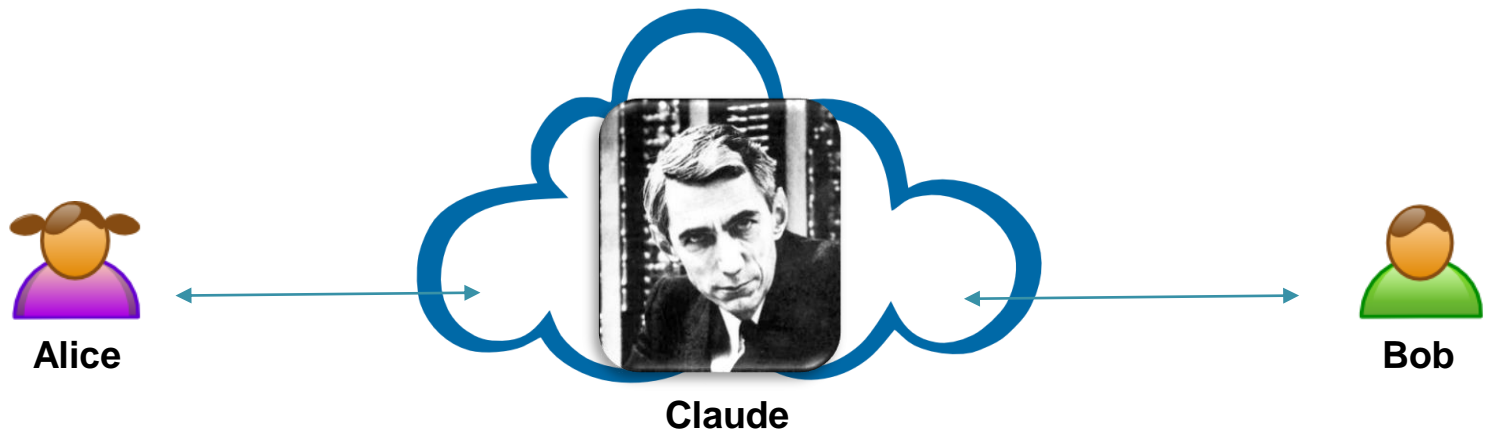
# Elementos de Teoría de la Información

- Límites “fundamentales” y resultados “no intuitivos”
  - ¿Cual es la **complejidad irreducible** por debajo de la cual una señal que debe ser transmitida **no puede ser compactada sin incurrir en pérdida** de información? (límite de la eficiencia)
  - ¿Cual es el **límite absoluto** de la **tasa de transmisión** utilizada para transportar una señal de manera **confiable** a través de un **canal ruidoso**? (límite de la confiabilidad)
- Estos aspectos se reflejan en aplicaciones prácticas.

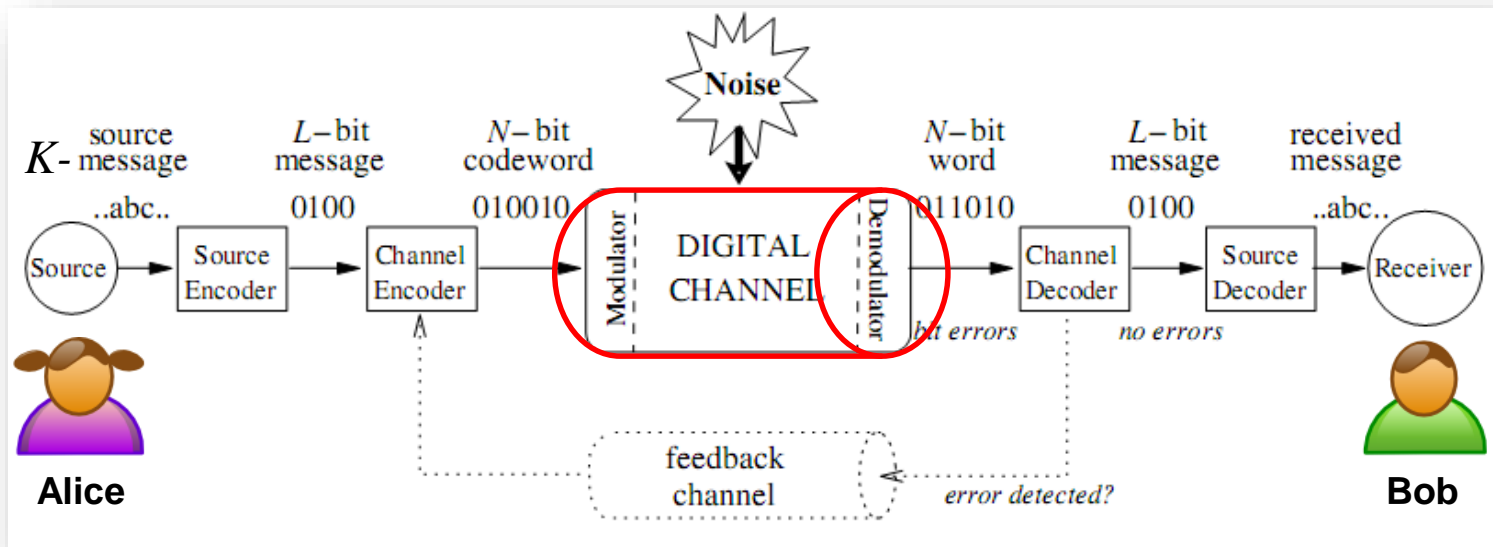
# Marco de Referencia



# Marco de Referencia

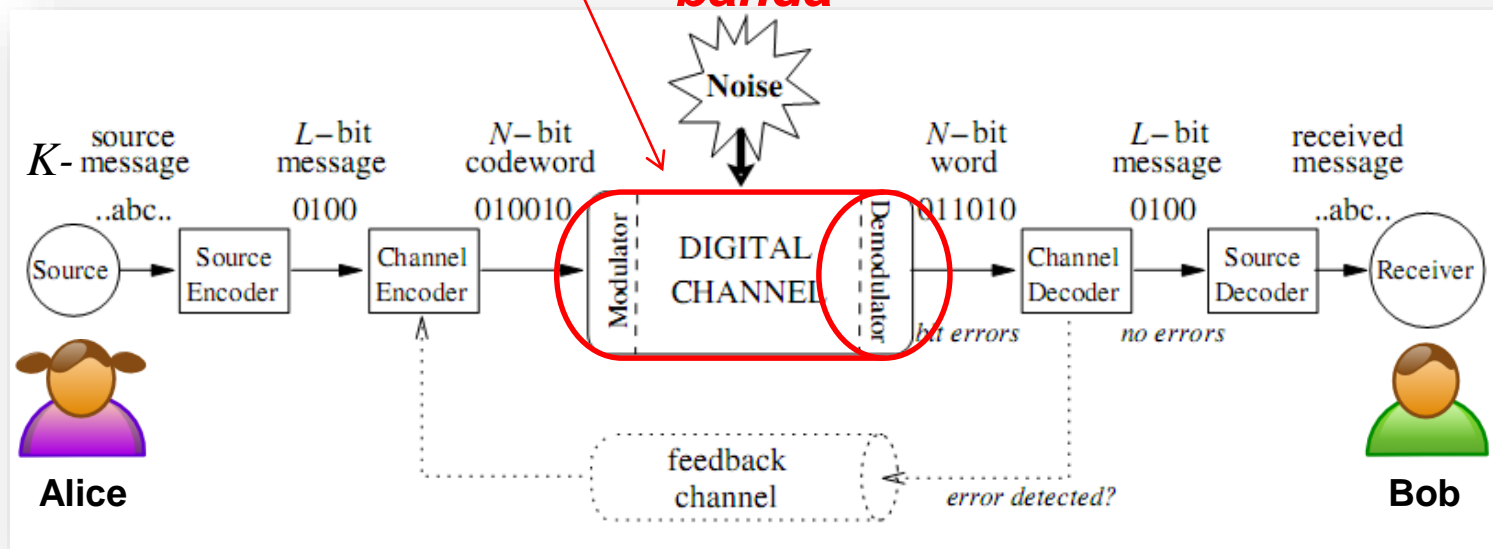


# Marco de Referencia



# Marco de Referencia

**Sistema de Comunicación real:**  
**Canal sometido a *ruido*, limitado en *potencia* y en *ancho de banda***



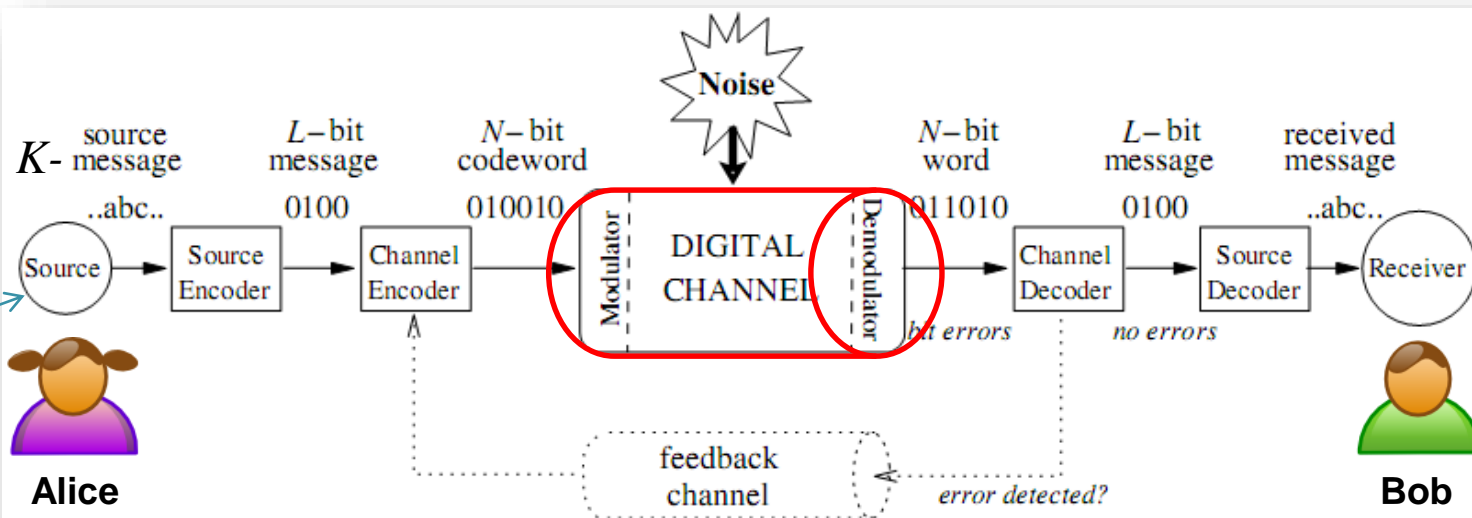
# Marco de Referencia



## 1° Conceptos Básicos

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

$$H = \sum_{k=0}^{K-1} p_k \cdot \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$



# Marco de Referencia



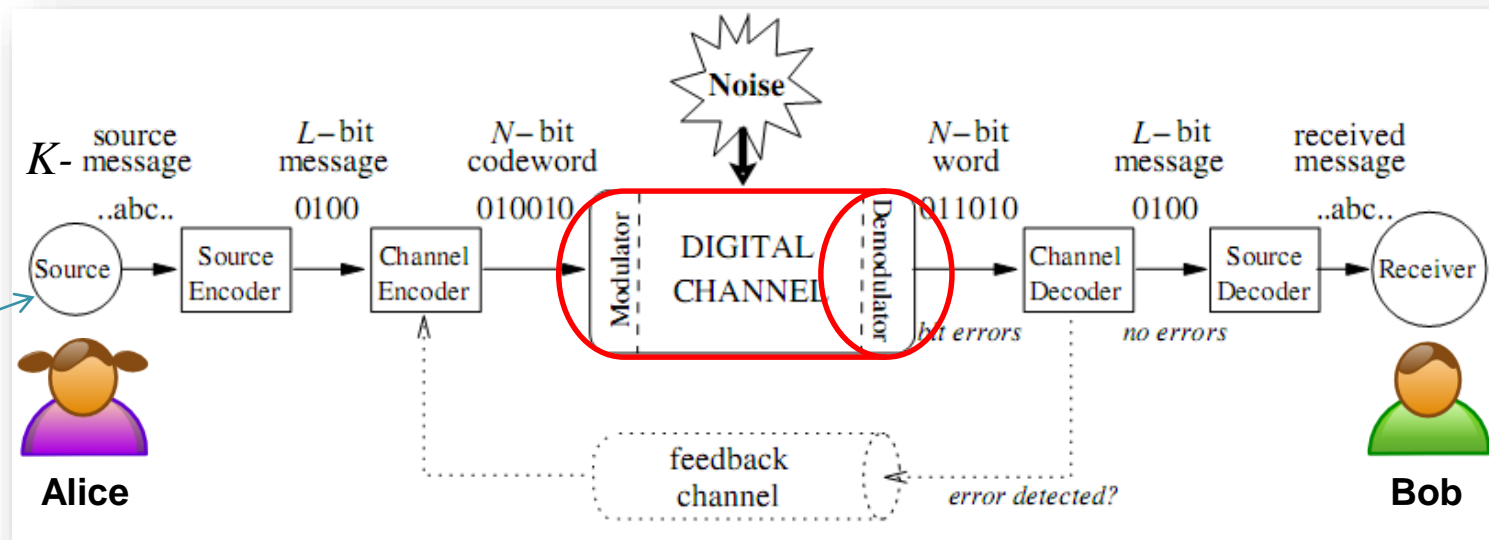
## 1º Conceptos Básicos

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

$$H = \sum_{k=0}^{K-1} p_k \cdot \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

Información y Entropía

$$0 \leq H(S) \leq \log_2 K$$



# Marco de Referencia



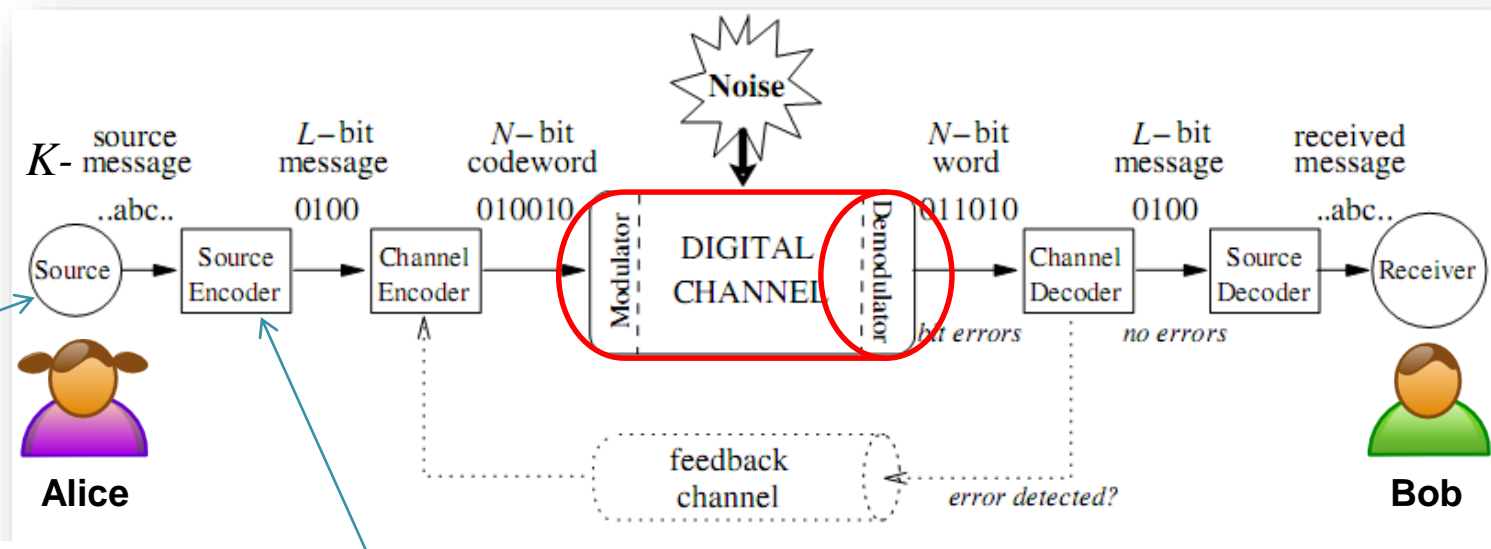
## 1° Conceptos Básicos

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

$$H = \sum_{k=0}^{K-1} p_k \cdot \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

Información y Entropía

$$0 \leq H(S) \leq \log_2 K$$



$$\bar{L} \geq H(S)$$

2° Teorema de  
Codificación de Fuente



# Marco de Referencia



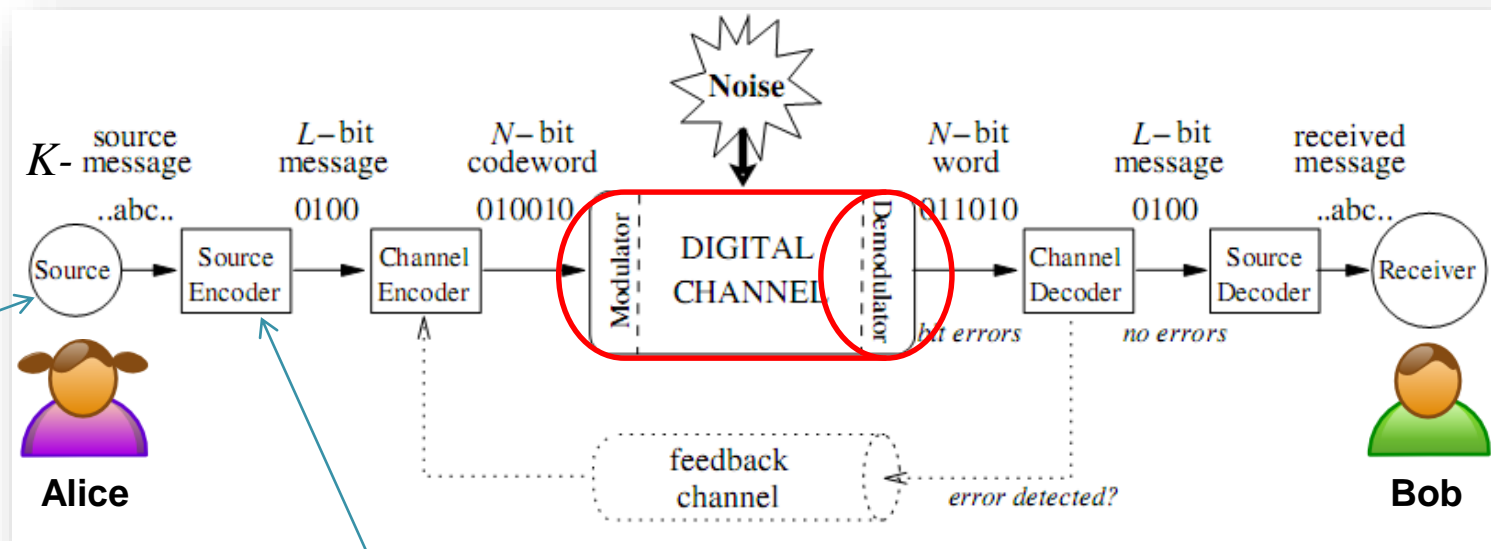
## 1° Conceptos Básicos

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

$$H = \sum_{k=0}^{K-1} p_k \cdot \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

Información y Entropía

$$0 \leq H(S) \leq \log_2 K$$



$$\bar{L} \geq H(S)$$

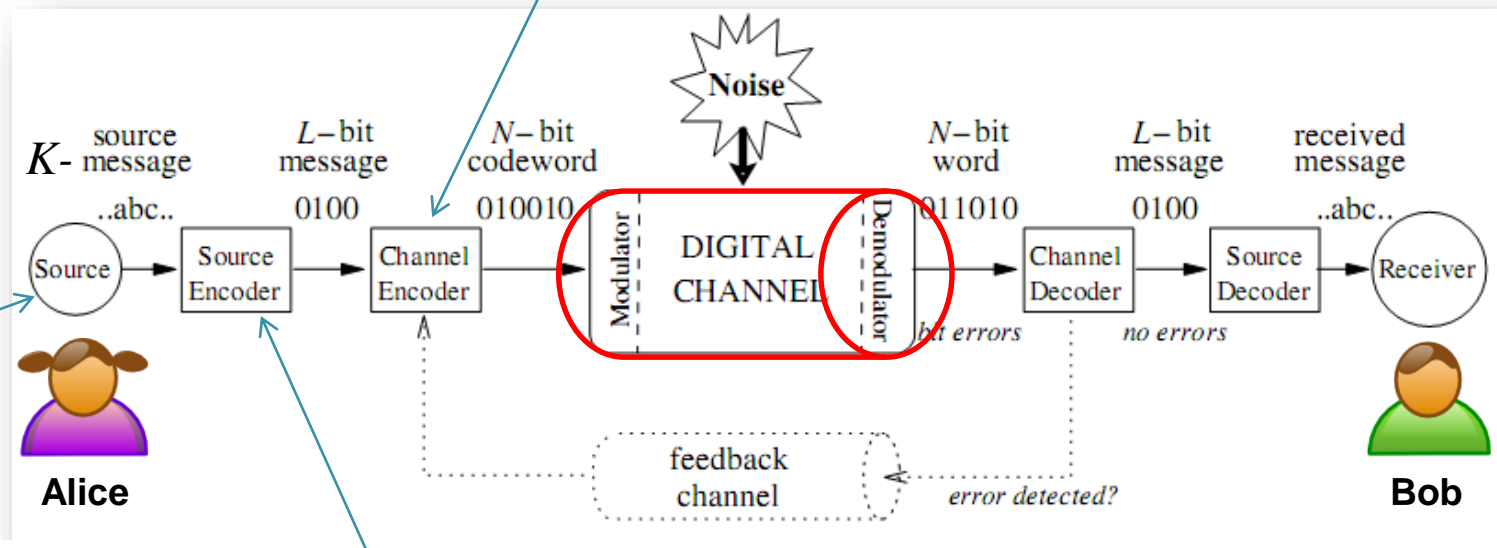
2° Teorema de  
Codificación de Fuente  
Comunicación Eficiente

# Marco de Referencia



## 3° Teorema de Codificación de Canal

$$\frac{H(S)}{T_s} \leq \frac{C}{T_c}$$



## 1° Conceptos Básicos

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

$$H = \sum_{k=0}^{K-1} p_k \cdot \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

Información y Entropía

$$0 \leq H(S) \leq \log_2 K$$

$$\bar{L} \geq H(S)$$

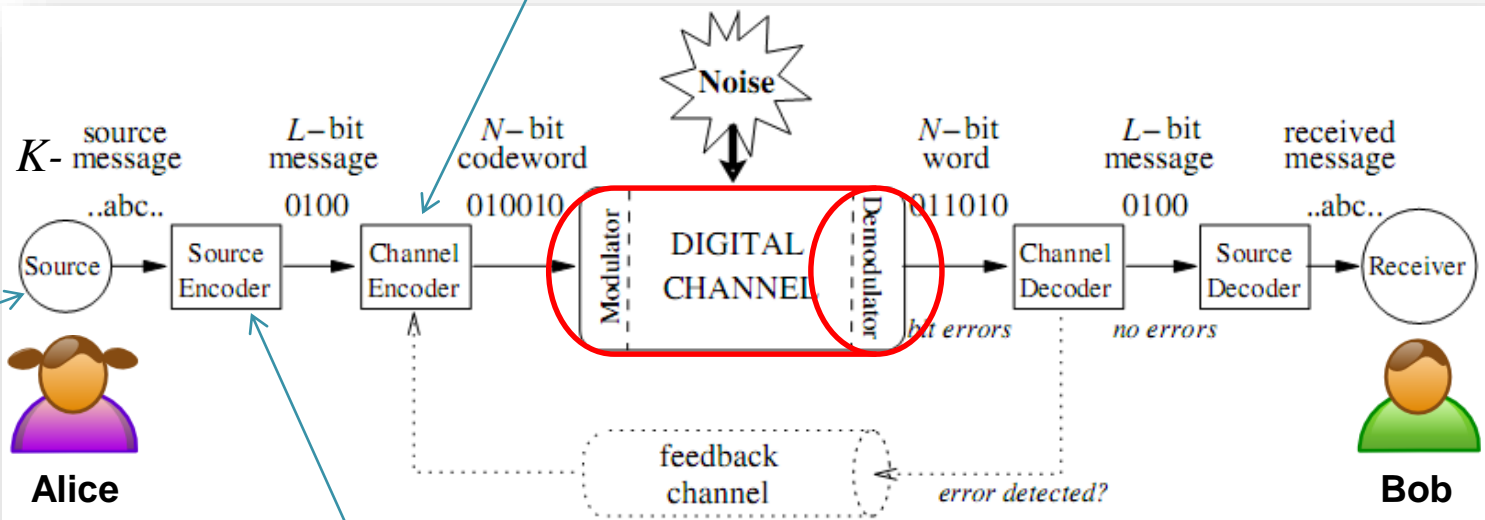
## 2° Teorema de Codificación de Fuente Comunicación Eficiente

# Marco de Referencia



## 3° Teorema de Comunicación **Confiable** Codificación de Canal (error bajo control)

$$\frac{H(S)}{T_s} \leq \frac{C}{T_c}$$



## 1° Conceptos Básicos

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

$$H = \sum_{k=0}^{K-1} p_k \cdot \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

Información y Entropía  
 $0 \leq H(S) \leq \log_2 K$

$$\bar{L} \geq H(S)$$

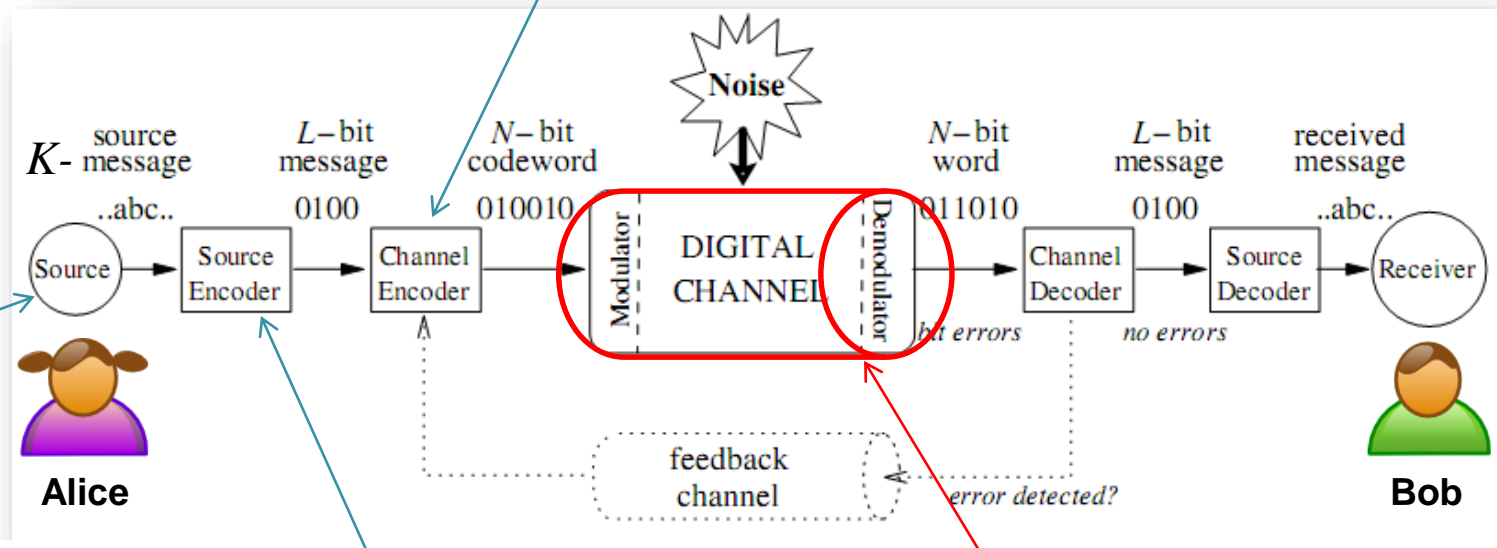
## 2° Teorema de Codificación de Fuente Comunicación **Eficiente**

# Marco de Referencia



## 3° Teorema de Comunicación **Confiable** Codificación de Canal (error bajo control)

$$\frac{H(S)}{T_s} \leq \frac{C}{T_c}$$



### 1° Conceptos Básicos

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

$$H = \sum_{k=0}^{K-1} p_k \cdot \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

Información y Entropía  
 $0 \leq H(S) \leq \log_2 K$

$$\bar{L} \geq H(S)$$

## 2° Teorema de Codificación de Fuente Comunicación **Eficiente**

$$C = B \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

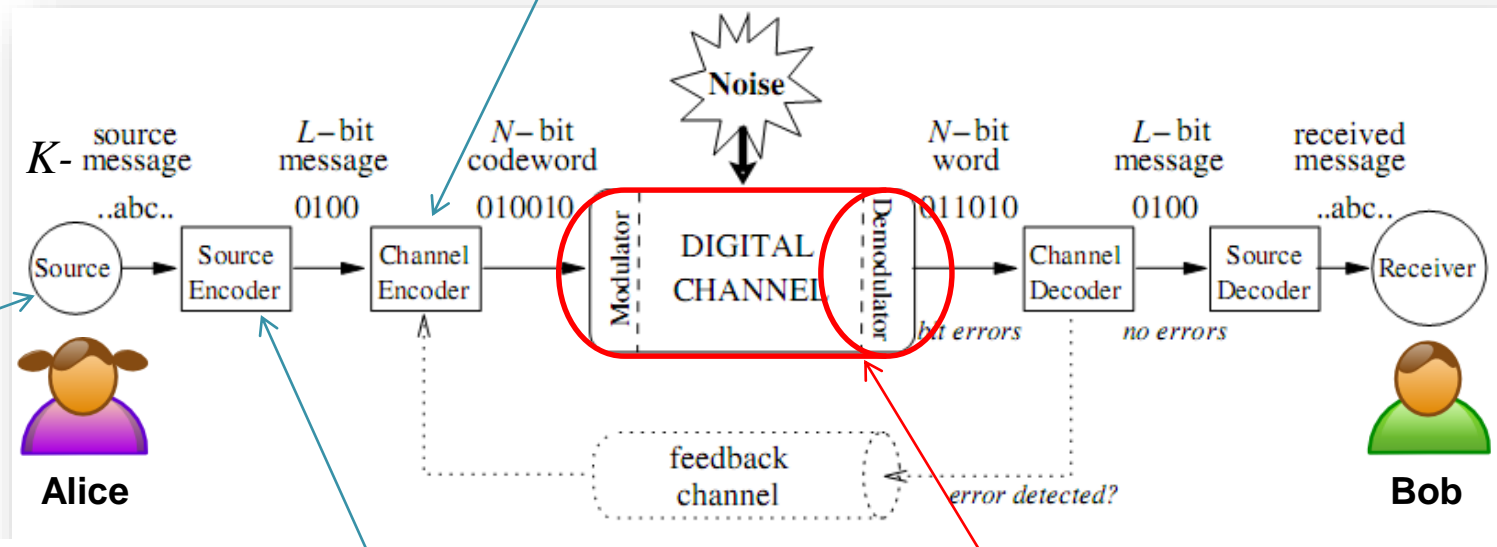
## 4° Teorema de Capacidad de Información

# Marco de Referencia



## 3° Teorema de Comunicación **Confiable** Codificación de Canal (error bajo control)

$$\frac{H(S)}{T_s} \leq \frac{C}{T_c}$$



## 1° Conceptos Básicos

$$I = \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

$$H = \sum_{k=0}^{K-1} p_k \cdot \log_2\left(\frac{1}{p_k}\right)$$

Información y Entropía  
 $0 \leq H(S) \leq \log_2 K$

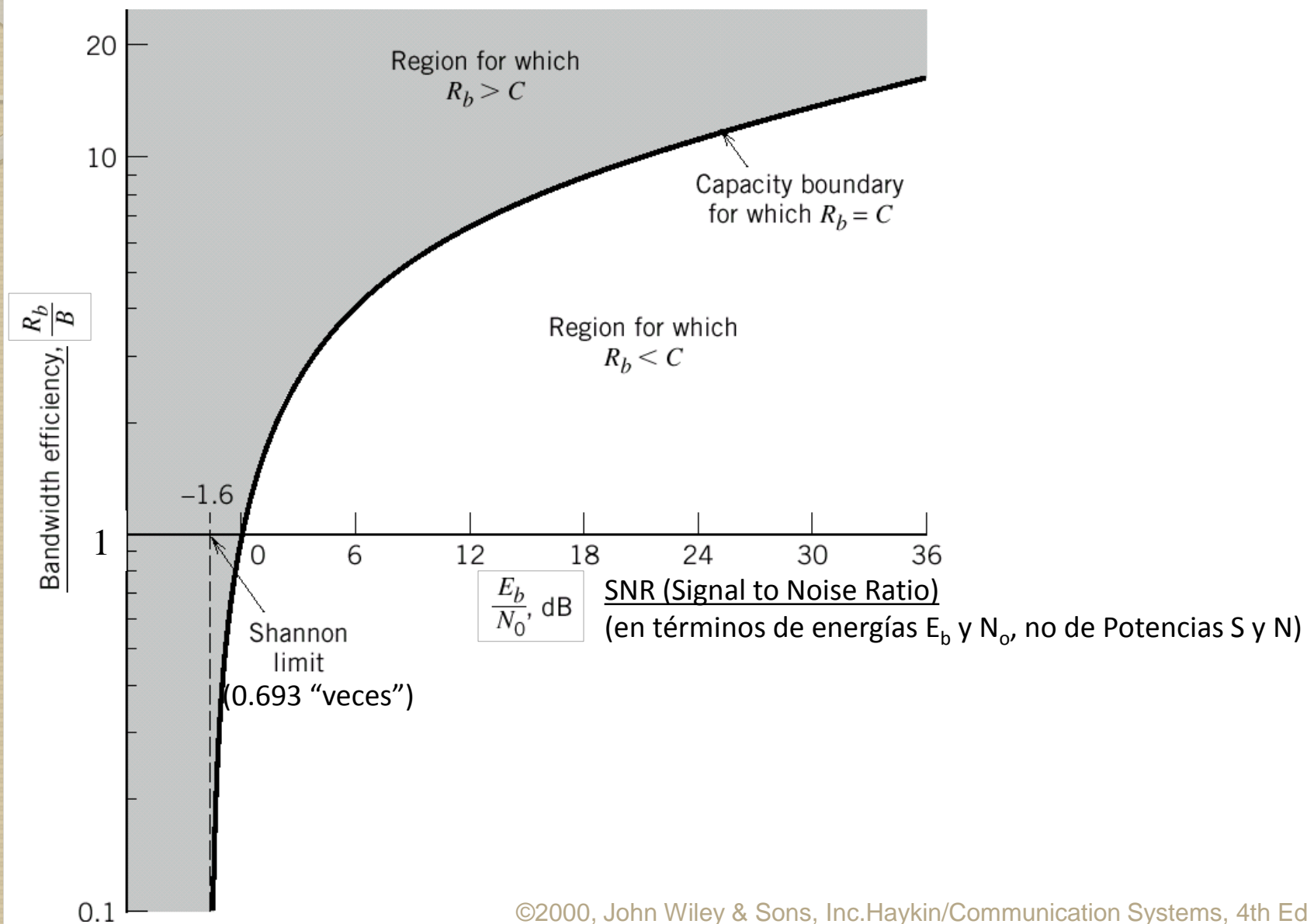
$$\bar{L} \geq H(S)$$

## 2° Teorema de Codificación de Fuente Comunicación **Eficiente**

$$C = B \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

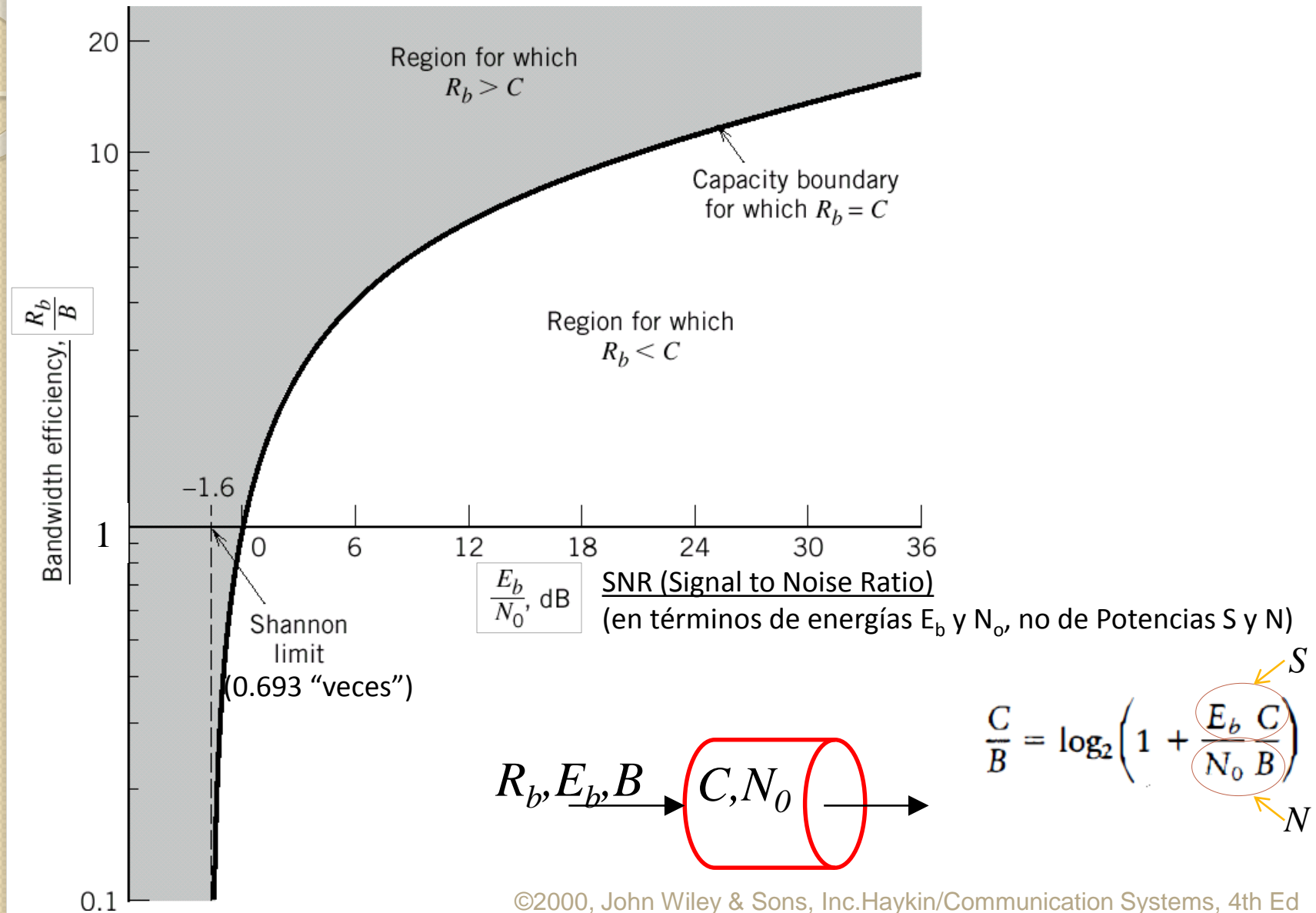
## 4° Teorema de Capacidad de Información Compromiso Ancho de Banda vs. Relación Potencia Señal a Ruido

# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

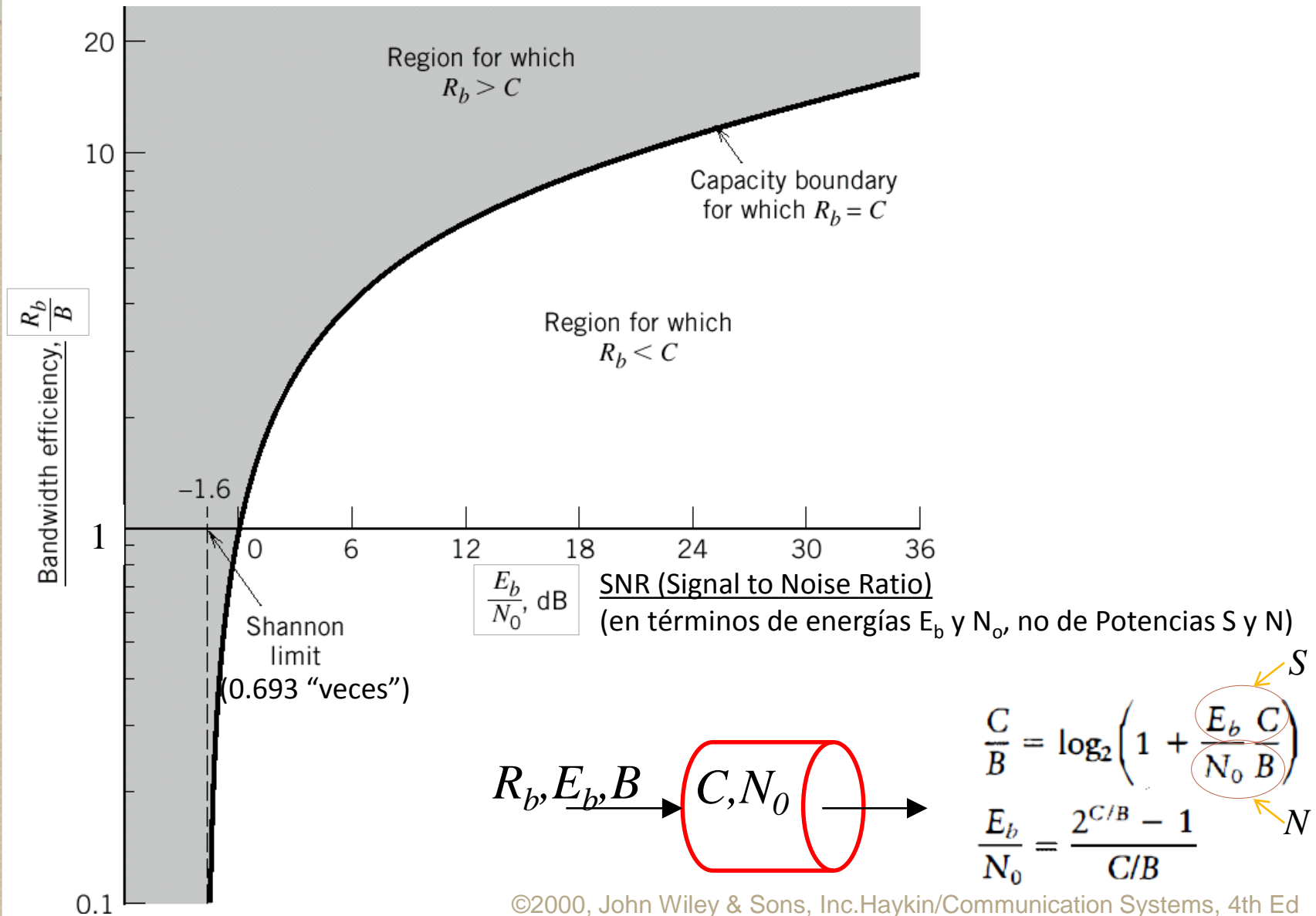




# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

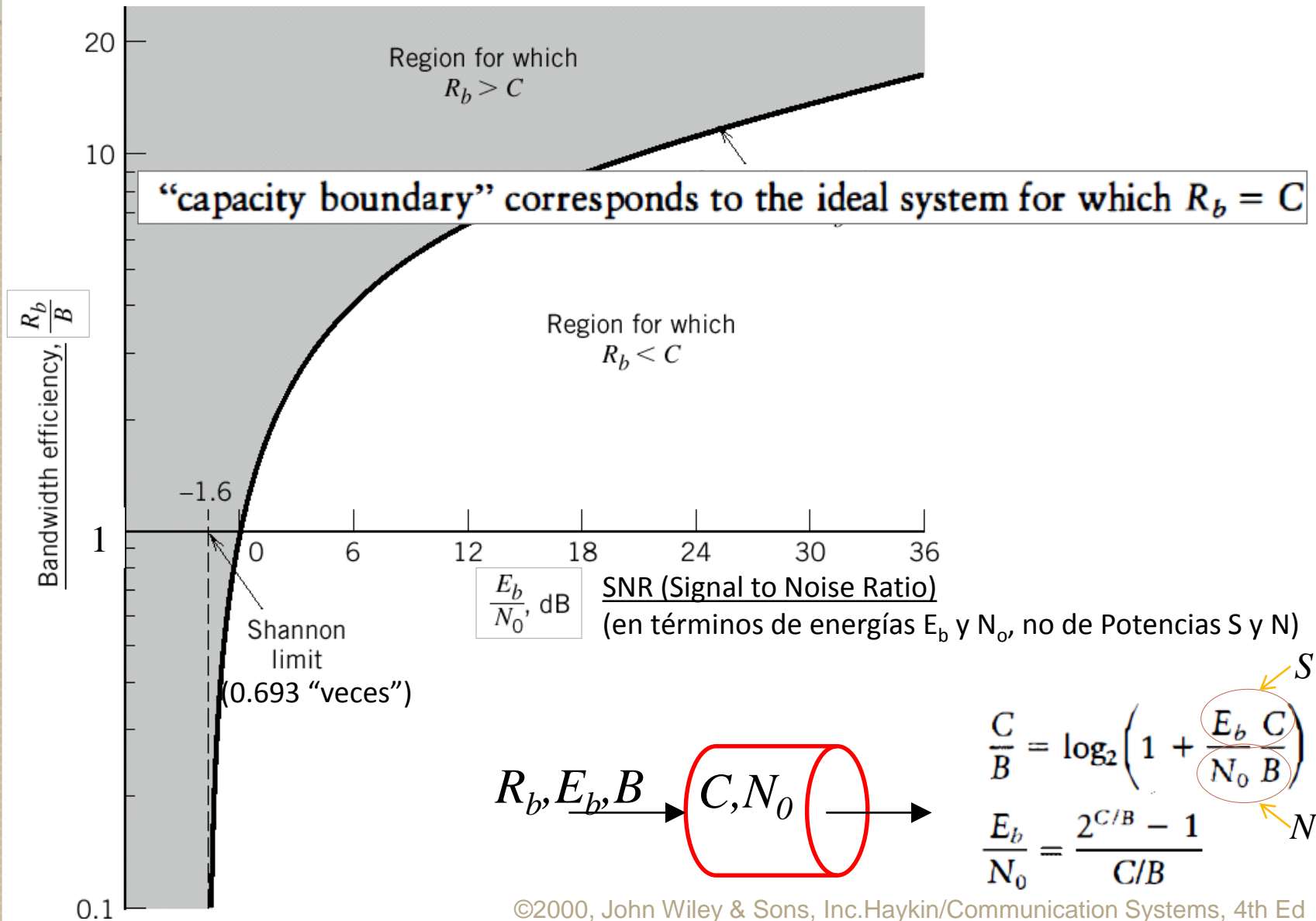


# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

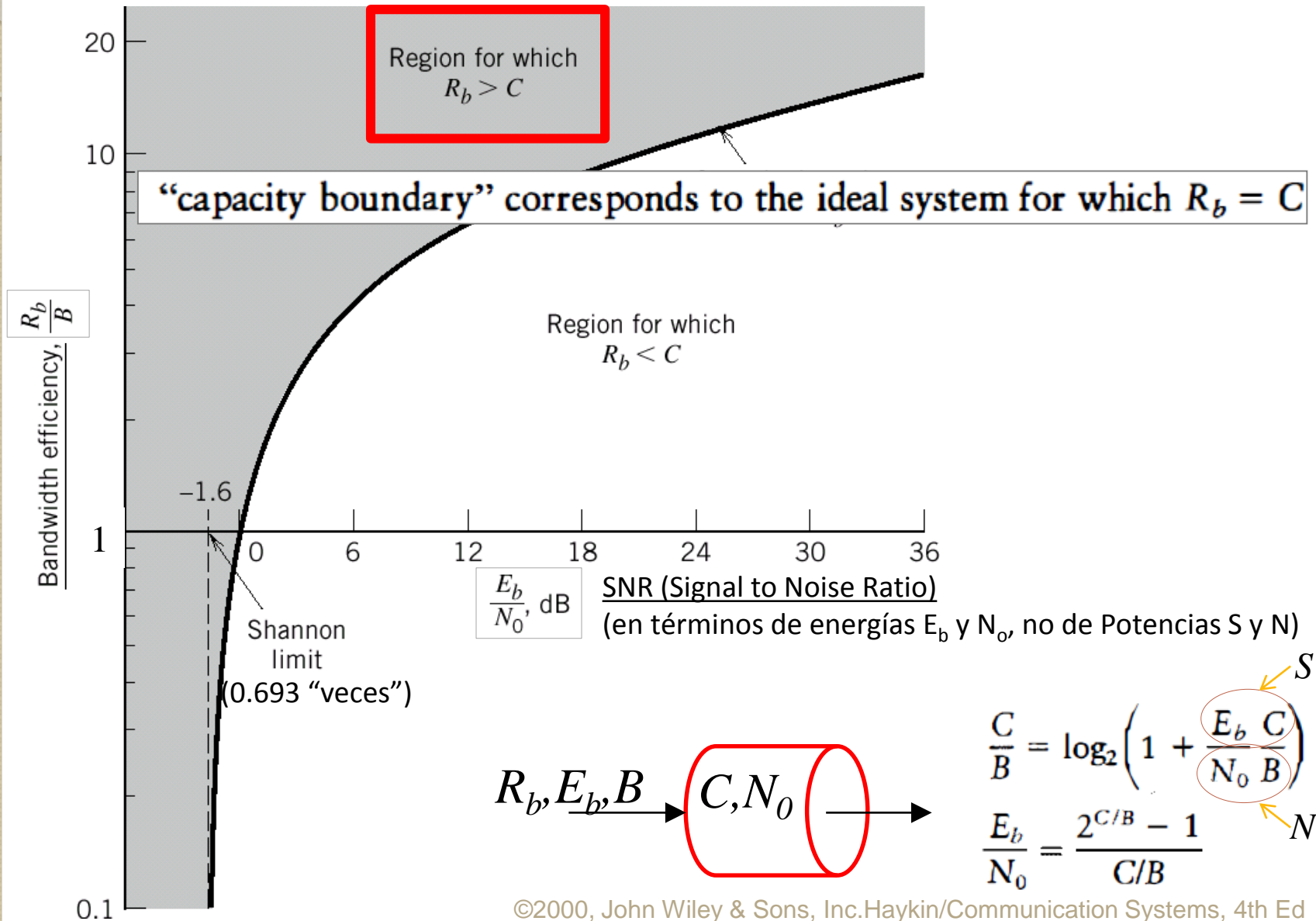




# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”



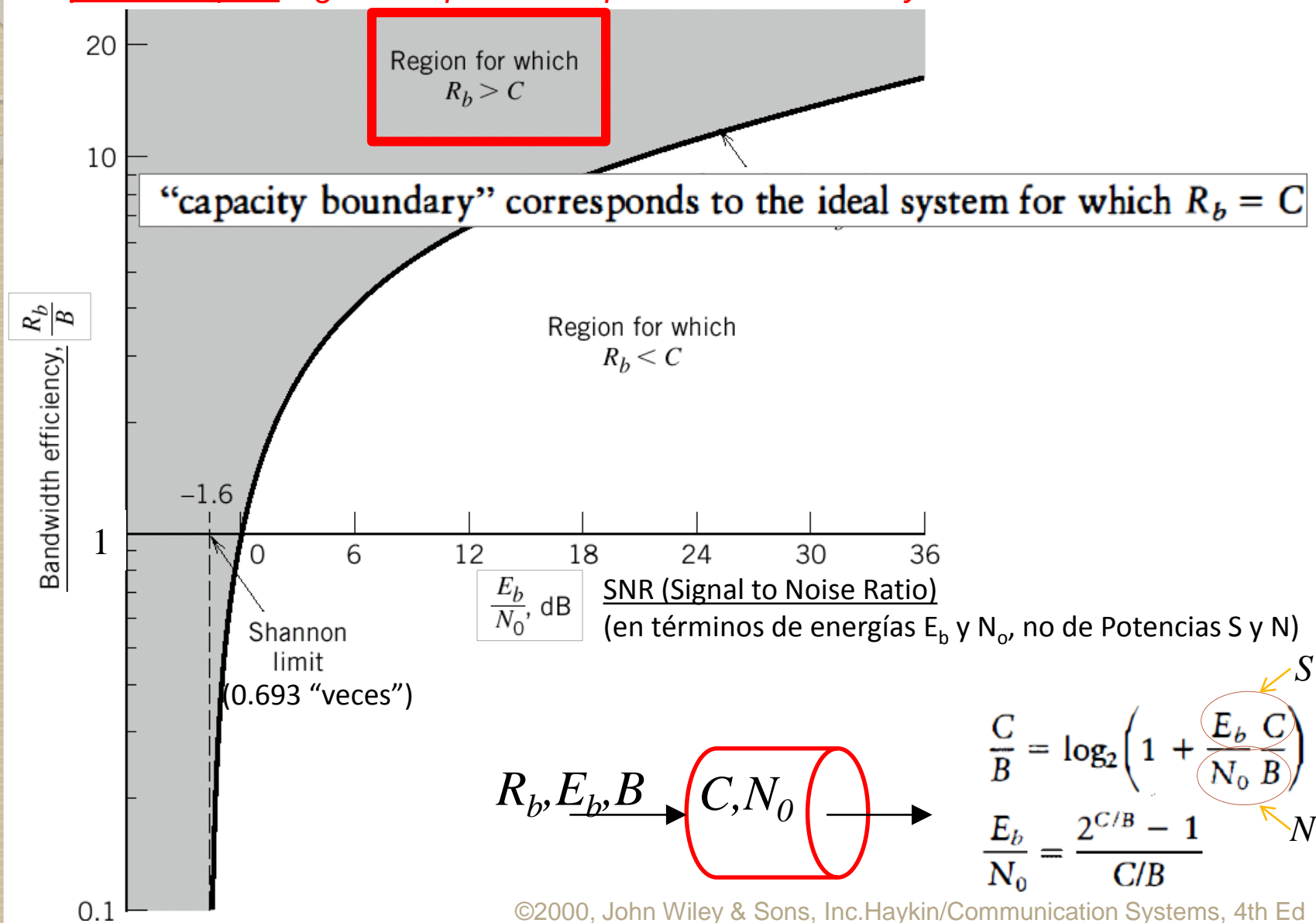
# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”



# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

**El sistema está condenado a tener una muy alta probabilidad de errores, sin posibilidad de control.**

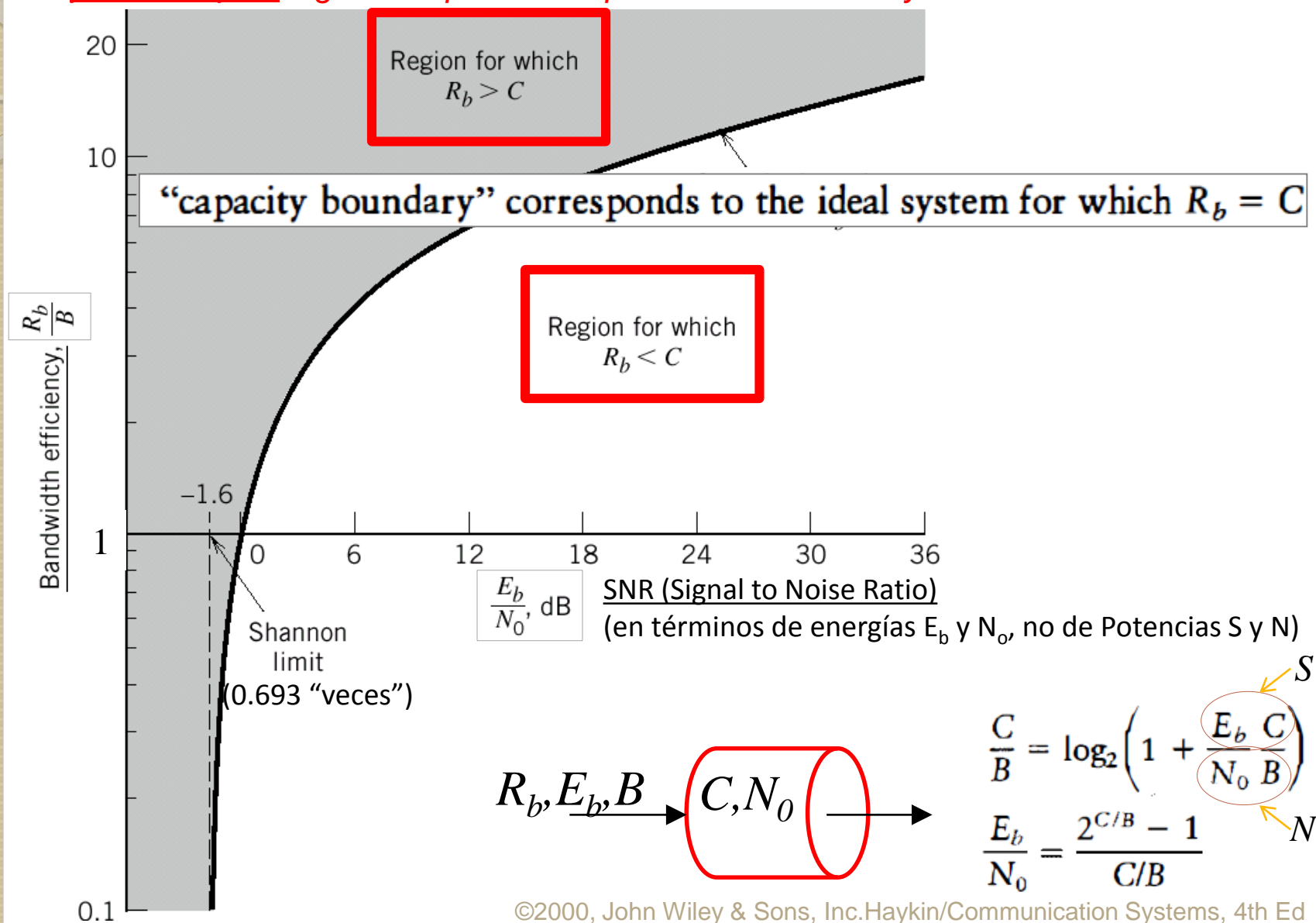
*Válido para cualquier algoritmo que se use para la Codificación y Decodificación de canal.*



# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

**El sistema está condenado a tener una muy alta probabilidad de errores, sin posibilidad de control.**

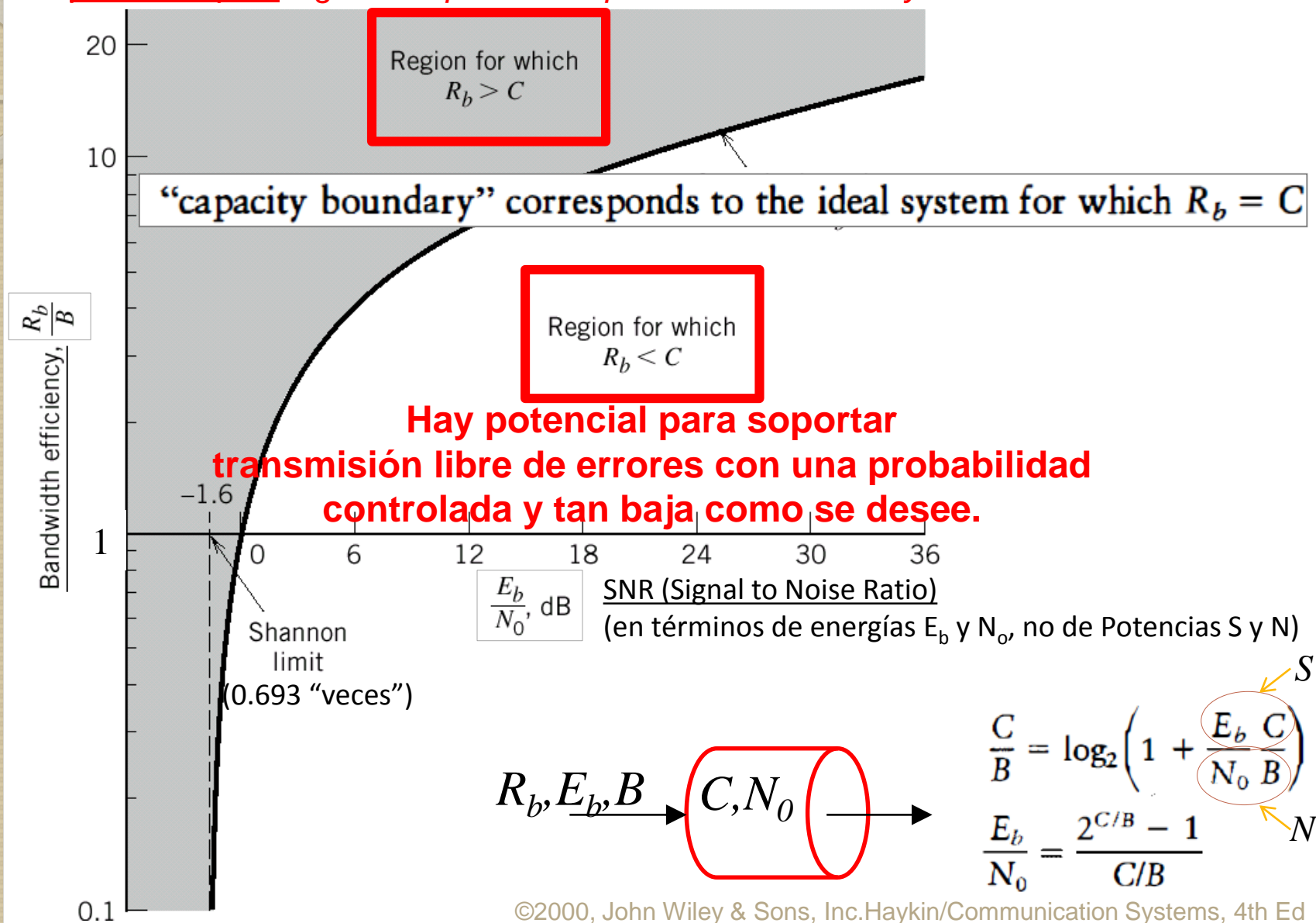
*Válido para cualquier algoritmo que se use para la Codificación y Decodificación de canal.*



# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

**El sistema está condenado a tener una muy alta probabilidad de errores, sin posibilidad de control.**

*Válido para cualquier algoritmo que se use para la Codificación y Decodificación de canal.*

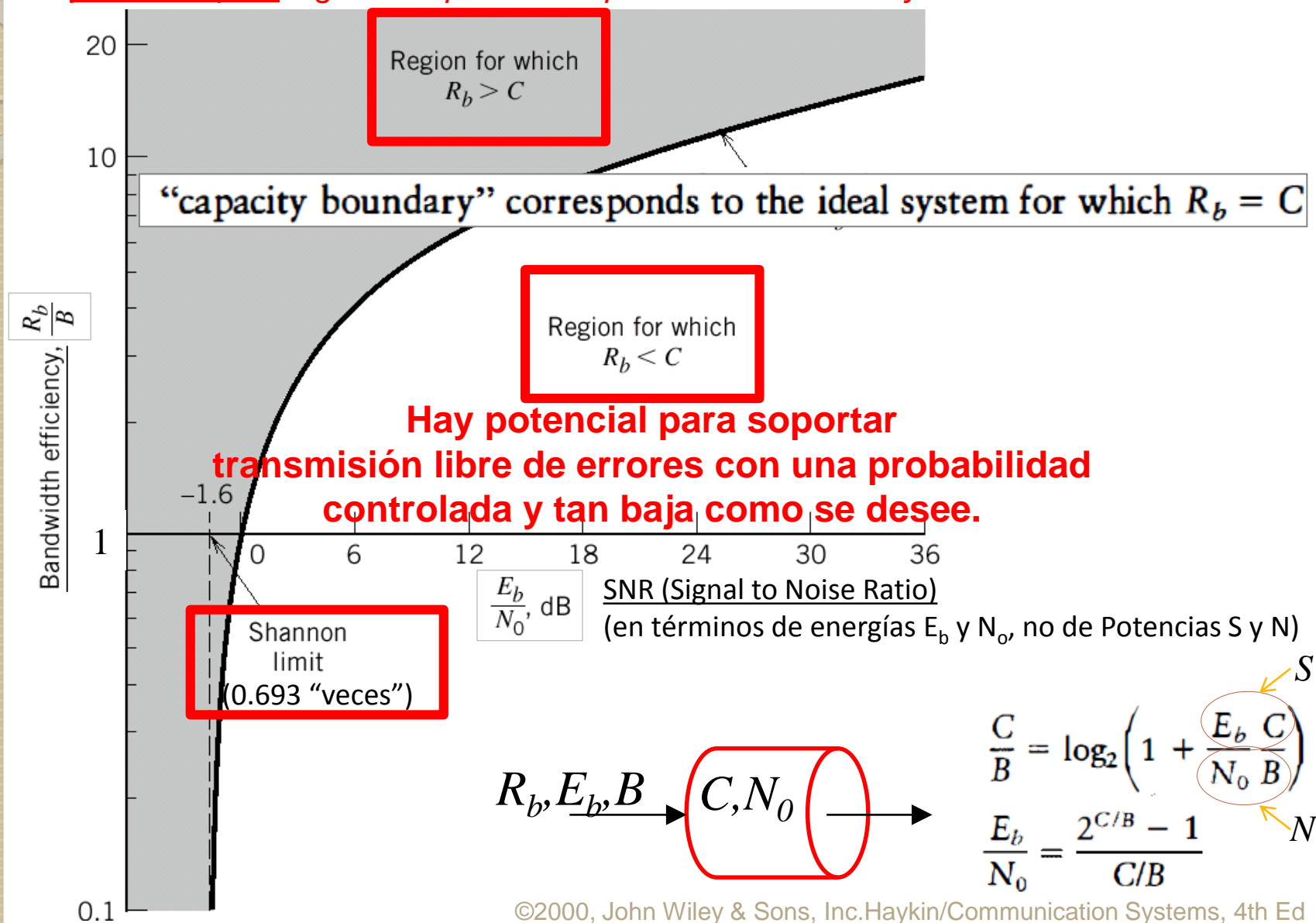




# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

**El sistema está condenado a tener una muy alta probabilidad de errores, sin posibilidad de control.**

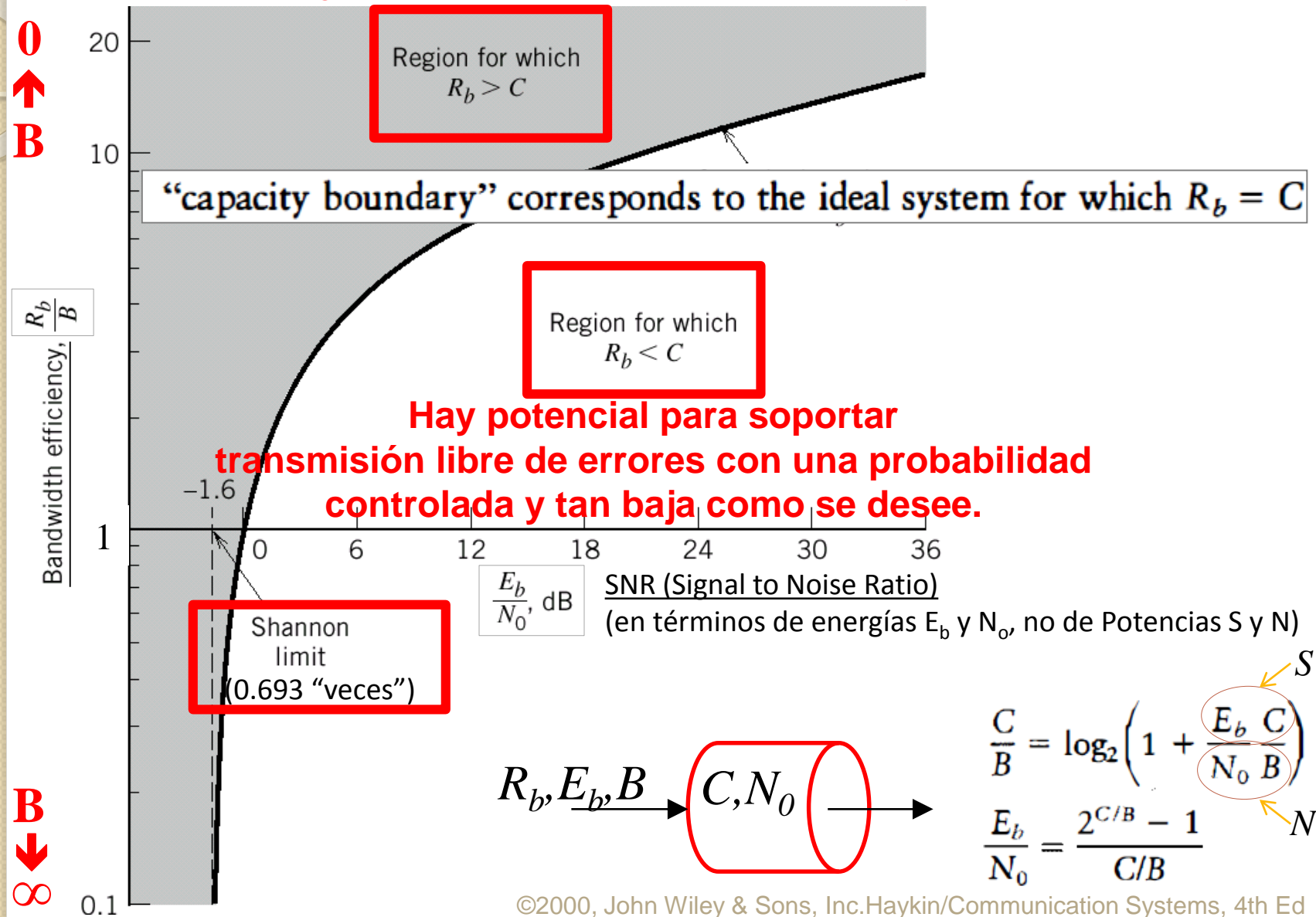
*Válido para cualquier algoritmo que se use para la Codificación y Decodificación de canal.*



# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

**El sistema está condenado a tener una muy alta probabilidad de errores, sin posibilidad de control.**

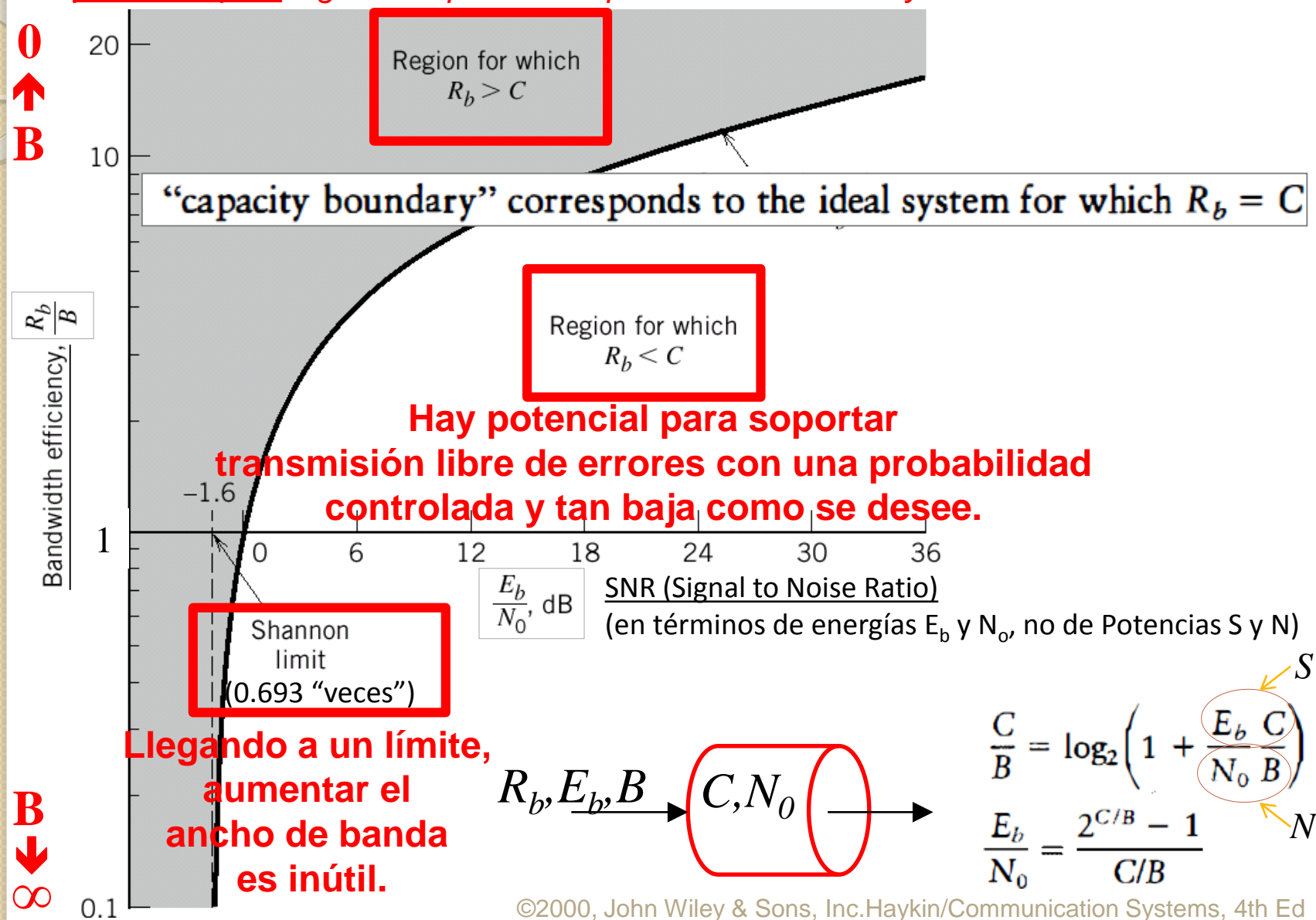
*Válido para cualquier algoritmo que se use para la Codificación y Decodificación de canal.*



# Diagrama de “Eficiencia del Ancho de Banda”

**El sistema está condenado a tener una muy alta probabilidad de errores, sin posibilidad de control.**

*Válido para cualquier algoritmo que se use para la Codificación y Decodificación de canal.*

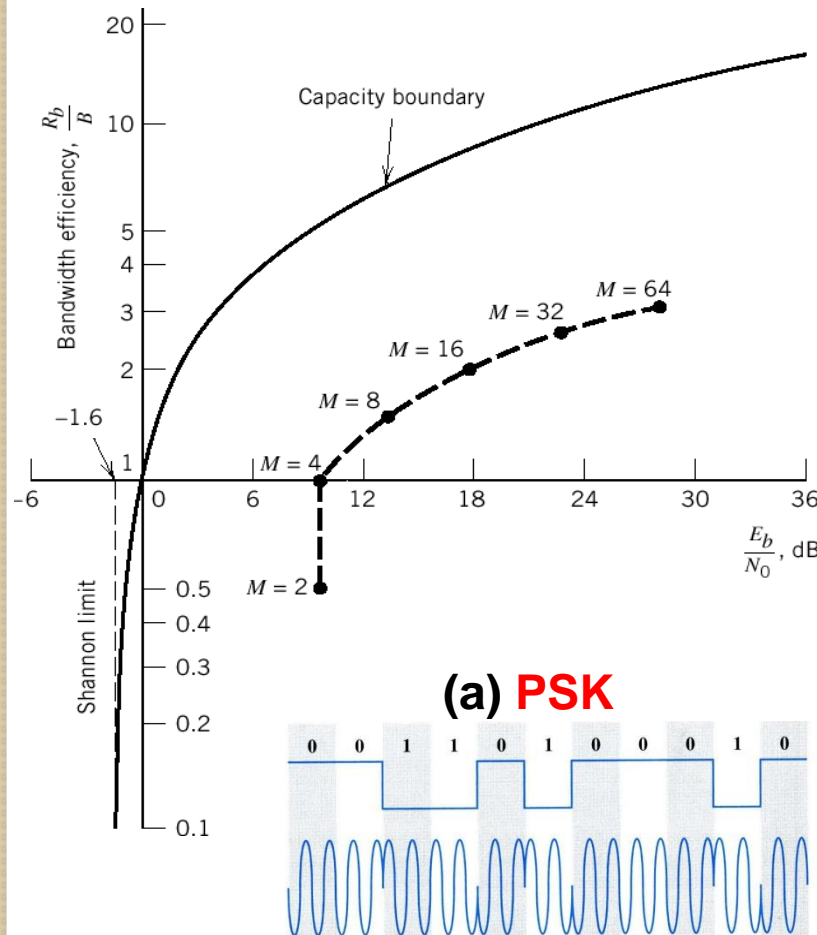




# Ejemplos del mundo real: Modulaciones.

(a) Comparison of ***M*-ary PSK (Phase Shift Keying)** against the **ideal system** for  $P_e = 10^{-5}$  and increasing  $M$ .

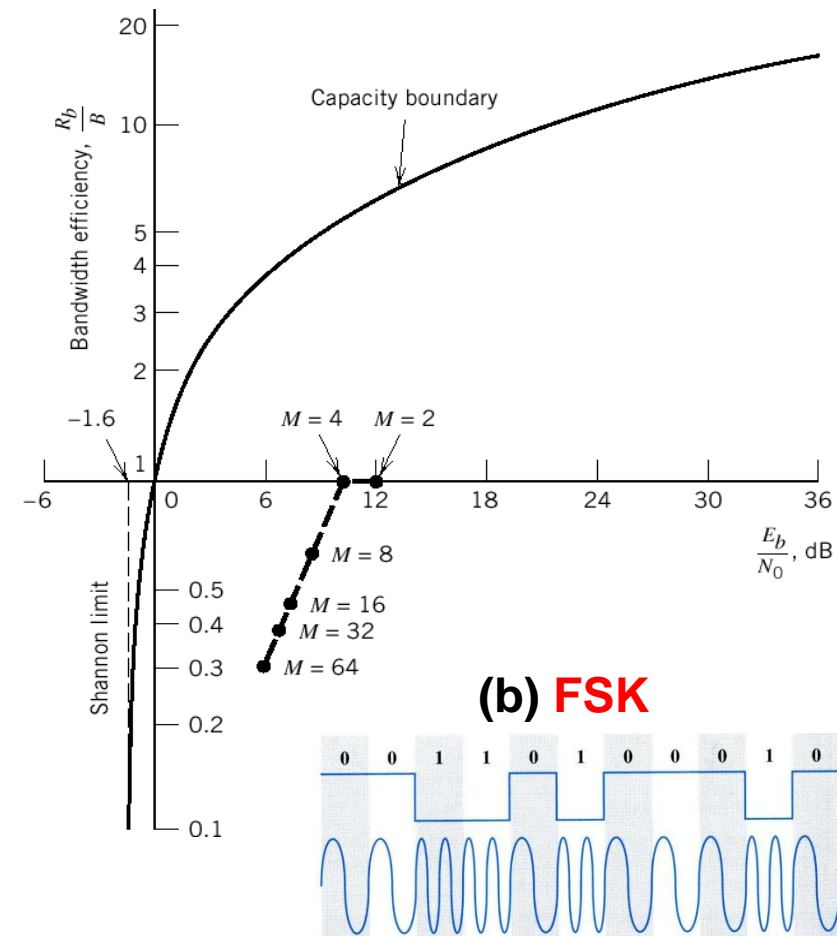
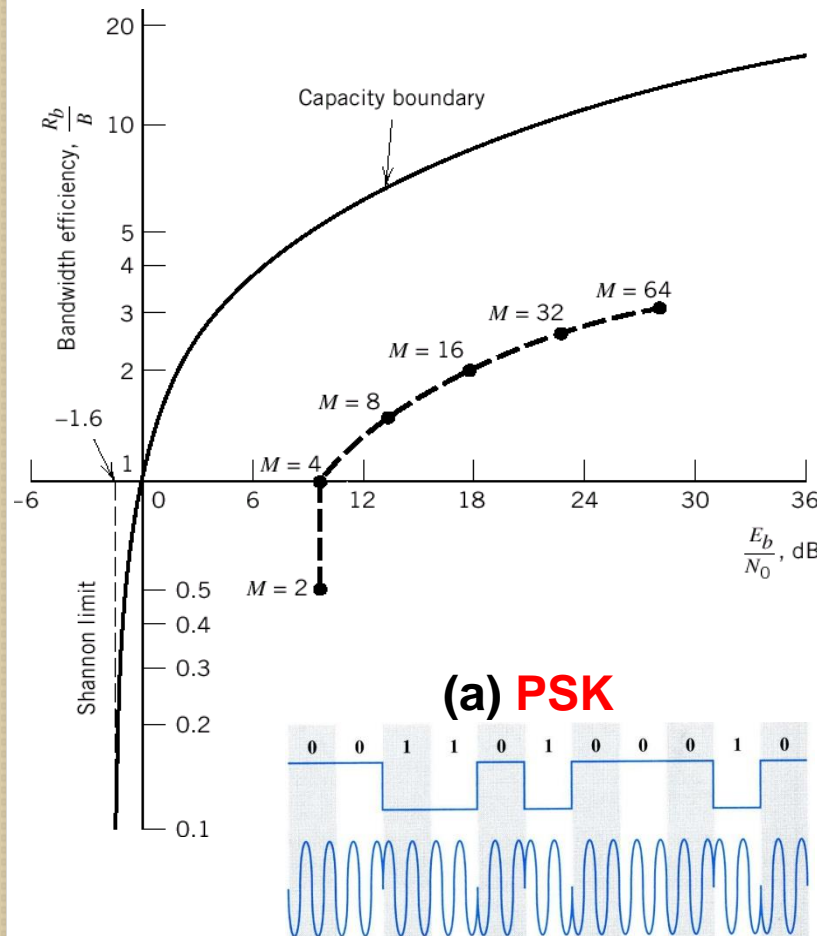
e



# Ejemplos del mundo real: Modulaciones

(a) Comparison of  **$M$ -ary PSK (Phase Shift Keying)** against the **ideal system** for  $P_e = 10^{-5}$  and increasing  $M$ .

(b) Comparison of  **$M$ -ary FSK (Frequency Shift Keying)** against the **ideal system** for  $P_e = 10^{-5}$  and increasing  $M$ .



# Bibliografía

- Principles of Digital Communication, Robert G. Gallager. Cambridge University Press, 2008.
- Communication Systems, Simon Haykin. Cuarta Edición, John Wiley & Sons, 2001.
- Information Theory and Coding, Norman Abramson. Primera Edición, McGraw Hill, 1963.